

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-233696

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 23/36  
23/373

識別記号

F I

H 0 1 L 23/36

D

M

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-34554

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月17日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 磯井 修

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 大井 健史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 堀口 剛司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外1名)

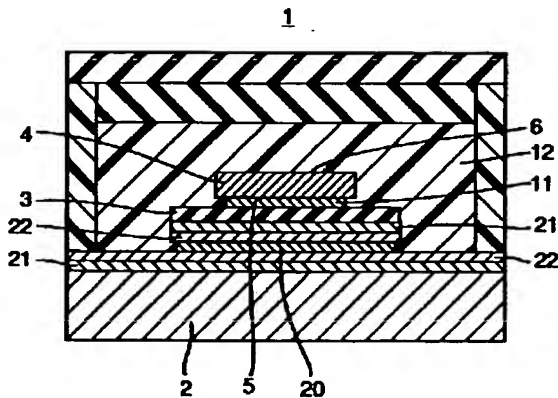
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワー半導体モジュール及びパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体

(57) 【要約】

【課題】 パワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる部材の長期信頼性と半導体モジュールの冷却性能とを向上させることができる手段を提供する。

【解決手段】 IGBTモジュール1 (パワー半導体モジュール) の内部の熱伝導路となる絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の間に、融点がIGBT素子4の最高使用温度より低い低融点材20が設けられ、かつ低融点材20と接触する絶縁性基板3及び放熱用金属ベース板2の表面にそれぞれ防食性部材21がコーティングされ、その上に低融点材20との接触性が高い高接触性部材22がコーティングされてなる2層のコーティング層が設けられ、これにより部材間の熱応力フリーが実現され、長期信頼性が大幅に高められ、かつIGBTモジュール1の冷却性能が高められ、さらに低融点材20の合金化が抑制される。



1: IGBTモジュール

3: 絶縁性基板

5: コレクタ電極

11: 半田

20: 低融点材

22: 高接触性部材

2: 放熱用金属ベース板

4: IGBT素子

6: エミッタ電極

12: シリコンゲル

21: 防食性部材

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部にパワー半導体素子を有するパワー半導体モジュールにおいて、

パワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる部材間に、融点が上記パワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する上記部材の上記低融点材との接触面に、少なくとも2層のコーティング層を有することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項2】 上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部の放熱用ベース板と絶縁性基板の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項3】 上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と絶縁性基板の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項4】 上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と緩衝用電極の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項5】 上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部の主電極と緩衝用電極の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項6】 上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と主電極の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項7】 内部にパワー半導体素子を有するパワー半導体モジュールと、上記パワー半導体モジュールを冷却する冷却装置とが、融点が上記パワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材で接合され、かつ上記低融点材と接触する上記パワー半導体モジュール及び上記冷却装置の上記低融点材との接触面に、それぞれ少なくとも2層のコーティング層を有することを特徴とするパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項8】 上記低融点材が、金属または合金からなることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1つに記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項9】 上記低融点材が、常温では固体である材料からなることを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1つに記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項10】 上記コーティング層が、該コーティング層が設けられる部材表面に近い防食性部材の層と、該表面から遠い高接触性部材の層とを含む少なくとも2層のコーティング層であることを特徴とする請求項1から請求項9のいずれか1つに記載のパワー半導体モジュール

ルまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項11】 上記低融点材の周囲に保持部材が設けられていることを特徴とする請求項1から請求項10のいずれか1つに記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項12】 上記保持部材が、金属材料からなり、少なくとも1層のコーティング層を有することを特徴とする請求項11に記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項13】 上記保持部材が、非金属材料からなることを特徴とする請求項11に記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

【請求項14】 熱伝導路となる部材間を加圧する加圧部材を備えていることを特徴とする請求項1から請求項13のいずれか1つに記載のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力変換装置などに用いられるパワー半導体モジュールの冷却構造と、パワー半導体モジュールと冷却装置とが接合されてなる接合体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図11に、従来のパワー半導体モジュールの一例として、冷却装置を備えた汎用のIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの断面図を示す。図11において、1はIGBTモジュールであり、2はアルミや銅等からなる放熱用金属ベース板であり、3は両面に銅等からなる金属箔が接着された、アルミナや窒化アルミ等からなる絶縁性基板であり、4はIGBT素子であり、5はIGBT素子4のコレクタ電極であり、6はIGBT素子4のエミッタ電極であり、7は主回路配線のコレクタ用ブスバーであり、8は主回路配線のエミッタ用ブスバーであり、9は中継基板であり、10はIGBT素子4のエミッタ電極6とエミッタ用ブスバー8を接続するアルミワイヤであり、11は半田であり、12はIGBTモジュール1の内部を封止するシリコンゲルであり、13はヒートシンク等の冷却装置であり、14はグリース等のコンパウンドである。図11に示すように、IGBT素子4のコレクタ電極5は絶縁性基板3の上に半田11で接合され、絶縁性基板3は放熱用金属ベース板2の上に半田11で接合され、IGBTモジュール1は冷却装置13にコンパウンド14で接続・圧接されている。IGBTモジュールの運転時にIGBT素子4で発生する熱は、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2とを介して冷却装置13に伝導し、これによりIGBT素子4等が冷却される。

【0003】また、パワー半導体モジュールの他の構造としては、GTO (Gate Turn-Off Thyristor) 等のパワ

一半導体素子の両面に、モリブデン、タングステン等からなる緩衝用電極と、銅等からなる主電極とが設けられ、パワー半導体モジュールの両面にヒートシンク等の冷却装置が取り付けられ、それぞれの接続部が外部からの圧力で接続されている圧接スタック型モジュールがある。

【0004】これらのパワー半導体モジュールの内部構造においては、使用されている各部材の線膨張係数が互いに異なるので、運転時の温度変化により熱変形が起こり、これにより熱応力が発生する。また、大容量化に伴って半導体素子での発熱量は増加し、さらに長期信頼性の観点から熱サイクル数も増大している。このため、例えばIGBTモジュール1では、絶縁性基板3の線膨張係数が窒化アルミで約 $4 \times 10^{-6}/K$ であるのに対して、放熱用金属ベース板2の線膨張係数は銅で約 $16 \times 10^{-6}/K$ 、アルミで約 $23 \times 10^{-6}/K$ とその差が非常に大きく、このため運転時に生じる温度変化によって絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合部には熱応力が発生し、従来の半田11のような硬い材料では亀裂などが起こりやすく、長期信頼性に問題があった。さらに、IGBTモジュール1と冷却装置13の間は、熱伝導率の低いコンパウンド14で接続・圧接する構造となっているため、熱抵抗が高く、冷却性能が低いという問題があった。

【0005】また、圧接スタック型モジュールでは、パワー半導体素子と主電極の線膨張係数差が大きいので、パワー半導体素子と主電極の間に、パワー半導体素子と主電極材の中間の線膨張係数を持つ材料を緩衝用電極として挿入し、熱応力の緩和をはかり、半導体素子の破損を防止している。しかしながら、この構造では、熱応力の発生はある程度は緩和できるものの、パワー半導体素子と緩衝用電極の接合部での熱応力が完全にフリーになるわけではない。例えば、パワー半導体素子としてGTO素子を用いた場合、その線膨張係数は約 $3 \times 10^{-6}/K$ であるのに対して、緩衝用電極の線膨張係数はモリブデンで約 $5 \times 10^{-6}/K$ であり、タングステンで約 $4 \times 10^{-6}/K$ である。また、モジュール内部の部材間の熱抵抗、あるいはモジュールと冷却装置の間の熱抵抗は、圧接力を大きくしなければ低減できないが、圧接力が大きいとパワー半導体素子が破損することがあるといった問題もあった。

【0006】このような温度変化による熱応力を緩和する手段として、例えば特開平7-135279号公報には、マルチチップモジュールのパッケージ方法及びマルチチップモジュールパッケージの低容量のモジュール構造が開示されている。この構造は、半導体基板とタングステンを堆積させたヒートシンクとの接合面にガリウムを設け、半導体基板が発熱したときに該熱でガリウムを液化させ、これにより熱を効率良くヒートシンクに伝導させるとともに、半導体基板及びヒートシンクの熱膨張

による熱応力を完全に吸収し半導体基板の破損を回避するものである。なお、タングステン層は、ヒートシンクとガリウムが反応して合金を生成するのを防止するために設けられている。

【0007】また、圧接スタック型モジュールについては、例えば特開平5-267491号公報に圧接型半導体装置及びこれを使用した電力変換装置が開示されている。この構造は、半導体基板と緩衝用電極の間、緩衝用電極と主電極の間、または半導体基板と主電極の間に軟質材料からなる軟質層を設けることによって熱応力を緩和し、低い圧接力で熱抵抗を低減するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の特開平7-135279号公報に開示された構造を大容量の半導体モジュールに適用した例はない。さらに、特開平7-135279号公報に開示された構造では、合金の生成を防止するためのタングステン層等の防食性部材とガリウム等の低融点材との間の接触性(濡れ性)が悪いので、熱抵抗が増大し、モジュールの冷却性能が低下するという問題点があった。また、液化したガリウム等の低融点材が流出するのを防止できないという問題もあった。また、特開平5-267491号公報に開示された構造では、部材間に軟質層を配置しているが、この構造によって熱応力が完全にフリーになるわけではないという問題があった。

【0009】本発明は、上記従来の問題点を解決するためになされたものであって、パワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる各部材間の熱応力をフリーにすることによりパワー半導体モジュールの長期信頼性を向上させることができ、さらにはパワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる各部材間の熱抵抗、及びパワー半導体モジュールと冷却装置の間の熱抵抗の低減をはかることができる手段を提供することを目的としは解決すべき課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる部材間に、融点が上記パワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する上記部材の上記低融点材との接触面に、少なくとも2層のコーティング層を有することを特徴とするものである。

【0011】本発明の請求項2に係わるパワー半導体モジュールは、上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部の放熱用ベース板と絶縁性基板の間に配置されていることを特徴とするものである。

【0012】本発明の請求項3に係わるパワー半導体モジュールは、上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と絶縁性基板の間に配置されていることを特徴とするものである。

【0013】本発明の請求項4に係わるパワー半導体モジュールは、上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と緩衝用電極の間に配置されていることを特徴とするものである。

【0014】本発明の請求項5に係わるパワー半導体モジュールは、上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部の主電極と緩衝用電極の間に配置されていることを特徴とするものである。

【0015】本発明の請求項6に係わるパワー半導体モジュールは、上記低融点材が、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と主電極の間に配置されていることを特徴とするものである。

【0016】本発明の請求項7に係わるパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、内部にパワー半導体素子を有するパワー半導体モジュールと、上記パワー半導体モジュールを冷却する冷却装置とが、融点が入りパワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材で接合され、かつ上記低融点材と接触する上記パワー半導体モジュール及び上記冷却装置の上記低融点材との接触面に、それぞれ少なくとも2層のコーティング層を有することを特徴とするものである。

【0017】本発明の請求項8に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における上記低融点材が、金属（単体）または合金からなることを特徴とするものである。

【0018】本発明の請求項9に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における上記低融点材が、常温では固体である材料からなることを特徴とするものである。

【0019】本発明の請求項10に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における上記コーティング層が、該コーティング層が設けられる部材表面に近い防食性部材の層と、該表面から遠い高接触性部材の層とを含む少なくとも2層のコーティング層であることを特徴とするものである。

【0020】本発明の請求項11に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体において、上記低融点材の周囲に保持部材が設けられていることを特徴とするものである。

【0021】本発明の請求項12に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のパワー半導体モジュールまたはパワー

半導体モジュールと冷却装置の接合体における上記保持部材が、金属材料からなり、少なくとも1層のコーティング層を有することを特徴とするものである。

【0022】本発明の請求項13に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における上記保持部材が、非金属材料からなることを特徴とするものである。

【0023】本発明の請求項14に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体において、熱伝導路となる部材間を加圧する加圧部材を備えていることを特徴とするものである。

【0024】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、本発明の実施の形態1にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。図1において、1はIGBTモジュールであり、2はアルミや銅等からなる放熱用金属ベース板であり、3は両面に銅等からなる金属箔が接着された、アルミナや窒化アルミ等からなる絶縁性基板であり、4はIGBT素子であり、5はIGBT素子4のコレクタ電極であり、6はIGBT素子4のエミッタ電極であり、11は半田であり、12はIGBTモジュール1の内部を封止するシリコンゲルであり、20は低融点材であり、21は防食性部材であり、22は高接触性部材である。図1に示すように、このIGBTモジュール1においては、IGBT素子4のコレクタ電極5は絶縁性基板3の上に半田11で接合され、絶縁性基板3の金属箔と放熱用金属ベース板2は低融点材20で接合され、低融点材20に接触する絶縁性基板3の金属箔と放熱用金属ベース板2の表面にはそれぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。IGBTモジュール1の運転時にIGBT素子4で発生する熱は、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2とを介して冷却装置（図示せず）に伝導し、これによりIGBT素子4等が冷却される。このように、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合部に、融点が入りIGBT素子4の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱応力は発生せず、従来の半田接合に比べて長期信頼性を大幅に向上させることができる。また、従来の半田接合では、半田を熱応力に耐えうる強度の厚さにしなければならなかったが、低融点材20ではその必要はなく、低融点材20の厚さをできる限り薄くして熱抵抗の低減化をはかることができる。

【0025】一方、例えばガリウム、インジウム・ガリウム等からなる低融点材20は、アルミや銅等との反応性が高くこれらと合金を生成する。そして、低融点材20と、絶縁性基板3の箔の銅等あるいは放熱用金属ベ

7

ス板2のアルミや銅との合金は、低融点材20より融点が高くなる可能性がある。このため、反応（合金化）が長期間進行すると、低融点材20がついにはすべて合金層となり、IGBT素子4の最高使用温度で溶融せず、低融点材20に熱応力が発生するようになる。これを防止するため、特開平7-135279号公報に開示された構造では、低融点材であるガリウムと接触するヒートシンクの表面に、予め防食性のタングステンをスパッタリングにより堆積させている。

【0026】しかしながら、この防食性部材21は低融点材20との反応を抑制できるものの、低融点材20との接触性（濡れ性）が悪い。このため、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合部の熱抵抗が増大し、モジュールの冷却性能を低下させるといった問題がある。図2は、直径25mmの2つの銅ブロックをビスマス-インジウム-鉛-錫の合金からなる厚さ0.1mmの低融点材20で接合した場合と、2つの銅ブロックにコバルトからなる厚さ0.01mmの防食性部材21をコーティングした上で、該銅ブロックをビスマス-インジウム-鉛-錫の合金からなる厚さ0.1mmの低融点材20で接合した場合について、それぞれ接合部の熱通過率を測定して得られた結果を比較して示す図である。図2から、銅に防食性部材21をコーティングすると、熱通過率は大幅に低下し、低融点材20と防食性部材21はほとんど接触していないことがわかる。

【0027】そこで、低融点材20と接触する絶縁性基板3及び放熱用金属ベース板2の表面にそれぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性の良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けることによって、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材20と絶縁性基板3あるいは放熱用金属ベース板2との反応（合金化）を抑制するようにしている。

【0028】低融点材20の材料として、金属または合金を使用することにより、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合面の熱抵抗をより低減することができる。このような材料としては、例えばガリウム等の単体、あるいはガリウム、インジウム、ビスマス、鉛、錫等の合金が適している。さらに、低融点材20の材料として、常温では固体であるものを使用することによって、低融点材20と絶縁性基板3あるいは放熱用金属ベース板2との反応をより抑制することができる。また、防食性部材21や高接触性部材22の材料は、低融点材20の材料によって異なるが、例えば、低融点材20の材料がビスマス-インジウム-鉛-錫の合金の場合は、金属製の防食性部材21の材料としてはコバルト、クロム等が適しており、高接触性部材22の材料としてはニッケルや錫等が適している。さらに、放熱用金属ベース板2と防食性部材21の間、絶縁性基板3と防食性部材

8

21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、放熱用金属ベース板2と防食性部材21の間、絶縁性基板3と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。

【0029】実施の形態2. 図3は、本発明の実施の形態2にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。図3に示すように、このIGBTモジュール1においては、IGBT素子4のコレクタ電極5は絶縁性基板3上に低融点材20で接合され、低融点材20に接触するIGBT素子4及び絶縁性基板3の表面にはそれぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。従来の構造でも、IGBT素子4の線膨張係数が約 $3 \times 10^{-6}/K$ であるのに対して、絶縁性基板3の線膨張係数は窒化アルミで約 $4 \times 10^{-6}/K$ とその差は小さく、したがって運転時に生じる温度変化によってIGBT素子4と絶縁性基板3の半田接合部には、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合面のような大きな熱応力は発生しない。しかしながら、全く熱応力が発生しないわけではないので、長期信頼性には問題が残る。

【0030】そこで、この実施の形態2にかかるIGBTモジュール1では、IGBT素子4と絶縁性基板3の接合部に、融点がIGBT素子4の最高使用温度よりも低い低融点材20を設けることにより、熱応力の発生を防止して、従来の半田接合に比べて長期信頼性がより向上するようにしている。また、低融点材20と接触するIGBT素子4及び絶縁性基板3の表面にそれぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性の良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けることにより、IGBT素子4と絶縁性基板3の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材20とIGBT素子4あるいは絶縁性基板3との反応を抑制するようにしている。さらに、IGBT素子4と防食性部材21の間、絶縁性基板3と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、IGBT素子4と防食性部材21の間、絶縁性基板3と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。

【0031】実施の形態3. 図4は、本発明の実施の形態3にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。図4において、30はGTO圧接スタック型モジュールであり、31はアルミや銅等からなる主電極であり、32はモリブデンやタングステン等からなる緩衝用電極であり、33はGTO素子であり、34はアルミ等からなるGTO素子33のアノード電極であり、35はアルミ等からなるGTO素子33のカソード

ド電極であり、36はアルミナ等からなるセラミックシールである。図4に示すように、このGTO圧接スタック型モジュール30において、GTO素子33は、アノード電極34及びカソード電極35の両面にそれぞれ緩衝用電極32と主電極31とを有し、アノード電極34及びカソード電極35と緩衝用電極32とは、それぞれ低融点材20で接合されている。そして、低融点材20に接触するアノード電極34及びカソード電極35の表面と、緩衝用電極32の表面とは、それぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。GTO圧接スタック型モジュール30の運転時にGTO素子33で発生する熱は、緩衝用電極32と主電極31とを介して両面から冷却装置(図示せず)に伝導し、これによりGTO素子33等が冷却される。

【0032】このように、GTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35と、緩衝用電極32との接合部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱応力の発生を防止することができ、従来の圧接に比べて長期信頼性をより向上させることができる。また、低融点材20と接触するGTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35の表面と緩衝用電極32の表面とにそれぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性が良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けているので、GTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35と、緩衝用電極32との接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材20と、GTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35並びに緩衝用電極32との反応を抑制することができる。また、GTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35と、緩衝用電極32との接合部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱抵抗の低減に大きな圧接力は必要とされない。

【0033】図5は、直径25mmの2つの銅ブロックをビスマス-インジウム-鉛-錫の合金からなる厚さ0.1mmの低融点材20で接合した場合と、2つの銅ブロックを圧接した場合とについて、それぞれ接合部の熱通過率を測定して得られた結果を比較して示す図である。図5から、銅ブロックを厚さ0.1mmの低融点材20で接合した場合は、熱通過率は大幅に向上し、圧接力の影響も小さいことがわかる。さらに、アノード電極34及びカソード電極35と防食性部材21の間、緩衝用電極32と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、アノード電極34及びカソード電極35と防食性部材21の間、緩衝用電極32と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。

【0034】実施の形態4。図6は、本発明の実施の形態4にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。図6に示すように、このGTO圧接スタック型モジュール30においては、緩衝用電極32と主電極31は低融点材20で接合され、低融点材20に接触する緩衝用電極32及び主電極31の表面には、それぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。緩衝用電極32と主電極31の接合部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱抵抗の低減に大きな圧接力は必要とされない。また、低融点材20と接触する緩衝用電極32及び主電極31の表面にそれぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性が良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けているので、緩衝用電極32と主電極31の接合面の熱抵抗を低減することができ、かつ低融点材20と緩衝用電極32あるいは主電極31との反応を抑制することができる。さらに、緩衝用電極32と防食性部材21の間、主電極31と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、緩衝用電極32と防食性部材21の間、主電極31と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。

【0035】実施の形態5。図7は、本発明の実施の形態5にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。このGTO圧接スタック型モジュール30においては、GTO素子33は、アノード電極34及びカソード電極35の両面に主電極31を有し、アノード電極34及びカソード電極35と主電極31とはそれぞれ低融点材20で接合されている。そして、低融点材20に接触するアノード電極34及びカソード電極35並びに主電極31の表面には、それぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。GTO圧接スタック型モジュール30の運転時にGTO素子33で発生する熱は、主電極31を介して両面から冷却装置(図示せず)に伝導し、これによりGTO素子33等が冷却される。

【0036】GTO素子33のアノード電極34及びカソード電極35と、主電極31との接合部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱応力は発生しない。従って、従来、熱応力緩和のためにGTO素子33と主電極31の間に挿入していた緩衝用電極32(図4、図6参照)は必要とされない。このため、緩衝用電極32を設けた場合に比べて、緩衝用電極32と、これに対応する部材との間の接触部を2層減らすことができ、熱抵抗の低減とモジュールの小型化とをはかることができる。また、アノード電極34及びカソード電極35と、主電極31との接合



11

部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱抵抗の低減に大きな圧接力は必要とされない。さらに、低融点材20と接触するアノード電極34及びカソード電極35並びに主電極31の表面に、それぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性が良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けているので、アノード電極34及びカソード電極35と、主電極31との接合面の熱抵抗を低減することができ、かつ低融点材20と、アノード電極34及びカソード電極35並びに主電極31との反応を抑制することができる。さらに、アノード電極34及びカソード電極35と防食性部材21との間、主電極31と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、アノード電極34及びカソード電極35と防食性部材21との間、主電極31と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。

【0037】実施の形態6。図8は、本発明の実施の形態6にかかるIGBTモジュールと冷却装置の構成を示す断面図である。図8に示すように、このIGBTモジュール1においては、放熱用金属ベース板2と冷却装置13は低融点材20で接合され、低融点材20に接触するIGBTモジュール1の放熱用金属ベース板2及び冷却装置13の表面には、それぞれ防食性部材21と高接触性部材22とからなる2層のコーティングがなされている。放熱用金属ベース板2と冷却装置13の接合部に、融点がIGBT素子4の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、熱抵抗の低減に大きな圧接力は必要とされない。また、低融点材20と接触する放熱用金属ベース板2及び冷却装置13の表面に、それぞれ防食性部材21をコーティングし、その上に低融点材20との接触性が良い高接触性部材22をコーティングしてなる2層のコーティング層を設けているので、放熱用金属ベース板2と冷却装置13の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材20と放熱用金属ベース板2あるいは冷却装置13との反応を抑制することができる。さらに、放熱用金属ベース板2と冷却装置13の接合部に、融点がGTO素子33の最高使用温度より低い低融点材20を設けているので、低融点材20を溶融させることにより、IGBTモジュール1を冷却装置13から容易に取り外すことができる。

【0038】さらに、放熱用金属ベース板2と防食性部材21の間、冷却装置13と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間に密着性部材を設けることにより、放熱用金属ベース板2と防食性部材21の間、冷却装置13と防食性部材21の間、あるいは防食性部材21と高接触性部材22の間の密着性を向上させて、剥がれを防止することができる。なお、

12

この実施の形態6で用いられているIGBTモジュール1と冷却装置13の接合手法は、GTO圧接スタック型モジュール30と冷却装置13の接合にも応用することができ、この場合もこの実施の形態6の場合と同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0039】実施の形態7。図9は、本発明の実施の形態7にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。図9において、40はスペーサ等の金属製の保持部材であり、41は防食性部材である。図9に示すように、このIGBTモジュール1においては、絶縁性基板3の金属箔と放熱用金属ベース板2は低融点材20で接合され、低融点材20の周囲に保持部材40が配置され、保持部材40には防食性部材41のコーティングがなされている。絶縁性基板3の金属箔と放熱用金属ベース板2の間に、低融点材20の必要厚さと同等の厚さの保持部材40を予め配置することにより、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の間を一定の厚さの低融点材20で接合することができる。また、IGBTモジュール1の運転時には低融点材20が溶融するが、この溶融した低融点材20の漏れは保持部材40により防止される。さらに、保持部材40として金属材料を使用することにより、熱抵抗をより低減することができ、保持部材40に防食性部材41をコーティングすることにより、低融点材20と保持部材40の反応を抑制することができる。保持部材40の防食性部材41のコーティングを施す部位は、保持部材40の全面でもよく、また低融点材20と接触する保持部材40の表面だけでもよい。また、防食性部材41は金属材料、非金属材料のどちらでもよい。

【0040】また、保持部材40として非金属材料を使用すれば、保持部材40に防食性部材41をコーティングする必要はなく、低融点材20と保持部材40の反応を抑制することができる。なお、この実施の形態7におけるIGBTモジュール1の絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の接合手法は、IGBTモジュール1のIGBT素子4と絶縁性基板3の接合、GTO圧接スタック型モジュール30のGTO素子33と緩衝用電極32の接合、緩衝用電極32と主電極31の接合、GTO素子33と主電極31の接合、IGBTモジュール1と冷却装置13の接合、あるいはGTO圧接スタック型モジュール30と冷却装置13の接合についても応用することができ、この場合もこの実施の形態7の場合と同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0041】実施の形態8。図10は、本発明の実施の形態8にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。図10において、50は部材間を加圧するバネやゴム等の加圧部材である。図10に示すように、このIGBTモジュール1においては、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2は低融点材20で接合され、低融点材20の周囲には保持部材40が設けられている。そし

て、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の間に配置された各部材は加圧部材50で加圧されている。このように、低融点材20の周囲に保持部材40を設け、かつ加圧部材50で加圧することによって、IGBTモジュール1の運転時の振動や、IGBT素子4の発熱によって溶融した低融点材20の漏れを防止することができる。また、絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の間の圧力を大きくすることにより、図5からも明らかとなり、熱抵抗をより低減することができる。

【0042】なお、図10に示すIGBTモジュール1では、加圧部材50はIGBT素子4上に配置され、絶縁性基板3はIGBT素子4を介して押圧されているが、加圧部材50を絶縁性基板3上に配置し、絶縁性基板3を加圧部材50で直接押圧するようにしてもよい。また、この実施の形態8におけるIGBTモジュール1の絶縁性基板3と放熱用金属ベース板2の上記接合手法は、IGBTモジュール1のIGBT素子4と絶縁性基板3の接合、GTO圧接スタック型モジュール30のGTO素子33と緩衝用電極32の接合、緩衝用電極32と主電極31の接合、GTO素子33と主電極31の接合、IGBTモジュール1と冷却装置13の接合、あるいはGTO圧接スタック型モジュール30と冷却装置13の接合についても応用することができ、この場合もこの実施の形態8の場合と同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0043】また、上記の各実施の形態で説明したパワー半導体素子は、IGBT素子、GTO素子に限定されるものではなく、IGBT素子、GTO素子の他に、ダイオード、サイリスタ、トライアック、MOSFET、バイポーラトランジスタ、SIT等を、単独で、あるいはこれらが混在するものを用いることができる。

【0044】

【発明の効果】本発明の請求項1に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部の熱伝導路となる部材間に融点がパワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、部材間に熱応力が発生せず、長期信頼性が大幅に向上する。さらに熱伝導路となる部材の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材と部材との反応を抑制することができる。

【0045】本発明の請求項2に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部の放熱用金属ベース板と絶縁性基板間に低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、放熱用金属ベース板と絶縁性基板間に熱応力が発生せず、長期信頼性が大幅に向上する。さらに、放熱用金属ベース板と絶縁性基板の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材と放熱用金属ベース板、絶縁性基板との反応を抑制することができる。

【0046】本発明の請求項3に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と絶縁性基板間に低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、パワー半導体素子と絶縁性基板間に熱応力が発生せず、長期信頼性がより向上する。さらに、パワー半導体素子と絶縁性基板の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材とパワー半導体素子、絶縁性基板との反応を抑制することができる。

10 【0047】本発明の請求項4に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と緩衝用電極間に低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、パワー半導体素子と緩衝用電極間に熱応力が発生せず、長期信頼性がより向上する。さらに、パワー半導体素子と緩衝用電極の接合面の熱抵抗低減に大きな圧力は必要とされず、かつ低融点材とパワー半導体素子、緩衝用電極との反応を抑制することができる。

20 【0048】本発明の請求項5に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部の緩衝用電極と主電極間に低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、緩衝用電極と主電極間に熱応力が発生せず、長期信頼性がより向上する。さらに緩衝用電極と主電極の接合面の熱抵抗低減に大きな圧力は必要とせず、かつ低融点材と緩衝用電極、主電極との反応を抑制することができる。

30 【0049】本発明の請求項6に係わるパワー半導体モジュールは、パワー半導体モジュール内部のパワー半導体素子と主電極間に低融点材を有し、かつ上記低融点材と接触する部材面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、パワー半導体素子と主電極間に熱応力が発生せず、長期信頼性がより向上し緩衝用電極を必要としない。このため、緩衝用電極と部材間の接触部を2層減らすことによって、従来より熱抵抗の低減とモジュールの小型化をはかることができる。また、パワー半導体素子と主電極の接合面の熱抵抗低減に大きな圧力は必要とされず、かつ低融点材とパワー半導体素子、主電極との反応を抑制することができる。

40 【0050】本発明の請求項7に係わるパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、パワー半導体モジュールと冷却装置とが、融点がパワー半導体素子の最高使用温度より低い低融点材で冷却装置と接合し、かつ上記低融点材と接触するモジュールと冷却装置面に少なくとも2層のコーティング層を有するので、パワー半導体モジュールと冷却装置の接合面の熱抵抗低減に大きな圧力は必要とせず、かつ低融点材とパワー半導体モジュール、冷却装置との反応を抑制することができる。また、  
50 低融点材を溶融させることによって、パワー半導体モジ



ジュールを冷却装置から取り外すことが容易になる。

【0051】本発明の請求項8に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における低融点材として、金属または合金を用いているので、パワー半導体モジュール内部の部材間に熱応力が発生せず、長期信頼性が大幅に向上する。さらに部材の接合面の熱抵抗低減に大きな圧接力は必要とされず、より熱抵抗を低減することができる。

【0052】本発明の請求項9に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における低融点材として、常温で固体であるものを用いているので、パワー半導体モジュール内部の部材間に熱応力が発生せず、長期信頼性が大幅に向上する。さらに部材の接合面の熱抵抗低減に大きな圧接力は必要とされず、低融点材と部材との反応をより抑制することができる。

【0053】本発明の請求項10に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体におけるコーティング層として、部材表面に近い防食性部材と該表面から遠い高接触性部材とを含む少なくとも2層のコーティング層を設けているので、部材の接合面の熱抵抗を低減し、かつ低融点材と部材との反応を抑制することができる。

【0054】本発明の請求項11に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体において、低融点材の周囲に保持部材を有するので、部材間を一定の厚さの低融点材で接合することができ、モジュール運転時に低融点材が溶融することによる低融点材の漏れを防止することができる。

【0055】本発明の請求項12に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における保持部材として、少なくとも1層のコーティング層を有する金属材料を使用しているため、熱抵抗をより低減することができ、低融点材と保持部材との反応を抑制することができる。

【0056】本発明の請求項13に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体における保持部材として、非金属材料を使用しているため、防食性のコー

ティング層を設ける必要はなく、低融点材と保持部材との反応を抑制することができる。

【0057】本発明の請求項14に係わるパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体は、上記のいずれかのパワー半導体モジュールまたはパワー半導体モジュールと冷却装置の接合体において、熱伝導路となる部材間を加圧する部材を備えているので、モジュール運転時の振動やパワー半導体素子の発熱によって低融点材が溶融することによる低融点材の漏れを防止することができる。さらに圧接力を大きくすることによって、熱抵抗をより低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。

【図2】 2つの銅ブロックを低融点材で接合した場合と、2つの銅ブロックに防食性部材をコーティングして低融点材で接合した場合とについて、熱通過率を測定した結果を示す図である。

【図3】 実施の形態2にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。

【図4】 実施の形態3にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。

【図5】 2つの銅のブロックを低融点材で接合した場合と、2つの銅ブロックを圧接した場合とについて、熱通過率を測定した結果を示す図である。

【図6】 実施の形態4にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。

【図7】 実施の形態5にかかるGTO圧接スタック型モジュールの構成を示す断面図である。

【図8】 実施の形態6にかかるIGBTモジュールと冷却装置の構成を示す断面図である。

【図9】 実施の形態7にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。

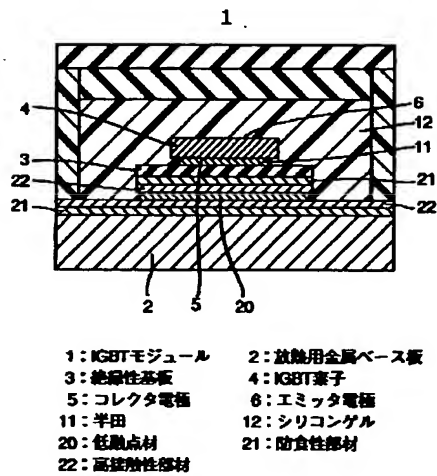
【図10】 実施の形態8にかかるIGBTモジュールの構成を示す断面図である。

【図11】 従来のIGBTモジュールと冷却装置の構成を示す断面図である。

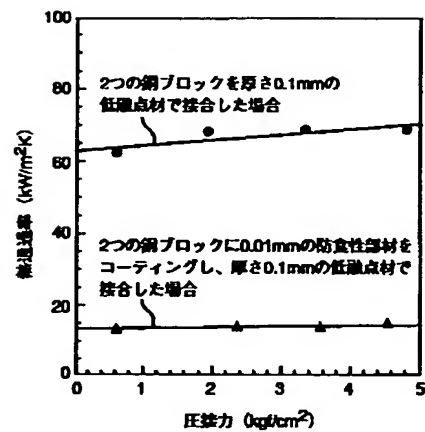
【符号の説明】

1 IGBTモジュール、2 放熱用金属ベース板、3 絶縁性基板、4 IGBT素子、5 コレクタ電極、6 エミッタ電極、7 コレクタ用ブスバー、8 エミッタ用ブスバー、9 中継基板、10 アルミワイヤ、11 半田、12 シリコンゲル、13 冷却装置、14 コンパウンド、20 低融点材、21 防食性部材、22 高接触性部材、30 GTO圧接スタック型モジュール、31 主電極、32 緩衝用電極、33 GTO素子、34 アノード電極、35 カソード電極、36 セラミックシール、40 保持部材、41 防食性部材、50 加圧部材。

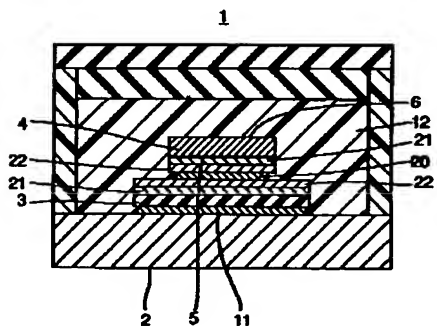
【図1】



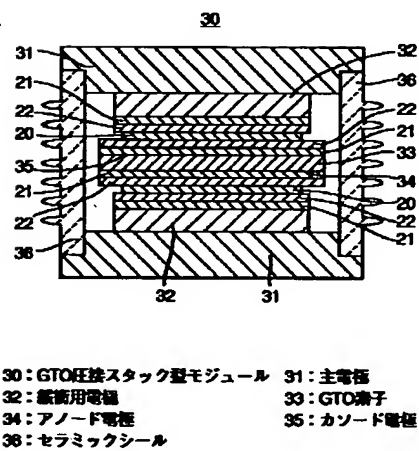
【図2】



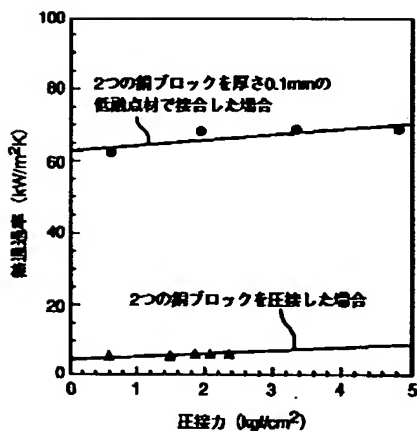
【図3】



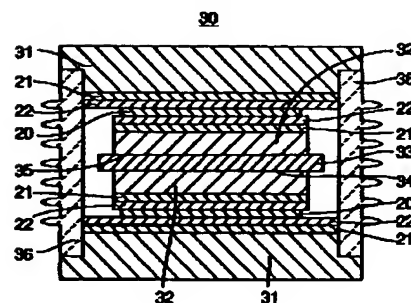
【図4】



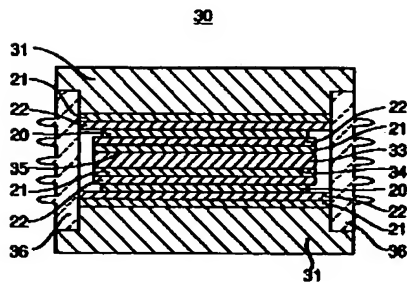
【図5】



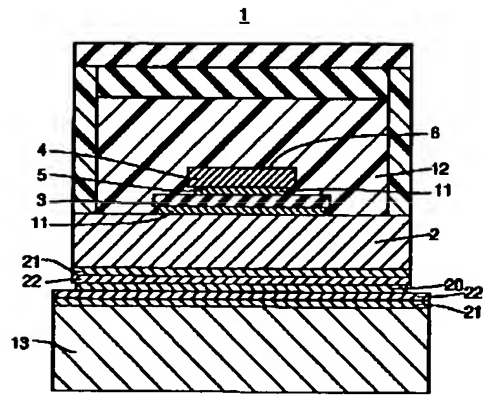
【図6】



【図7】

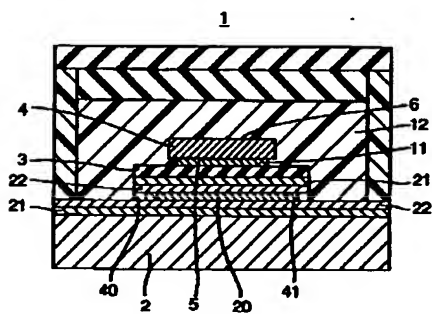


【図8】



13: 冷却装置

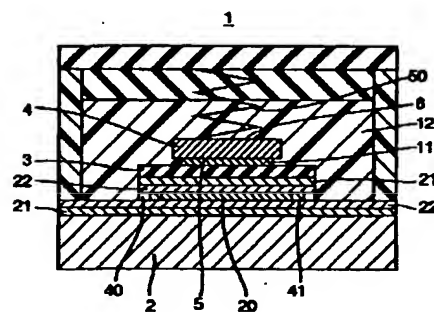
【図9】



40: 保持部材

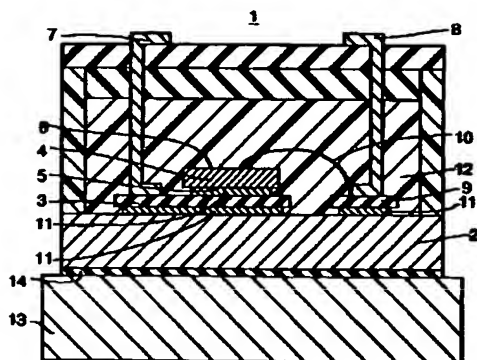
41: 防食性部材

【図10】



50: 加圧部材

【図11】



7: コレクタ用プスパー      8: エミッタ用プスパー  
 9: 中絶基板                  10: アルミワイヤ  
 14: コンパウンド

## フロントページの続き

(72)発明者 菊永 敏之  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 高橋 貢  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 松田 定  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 武藤 浩隆  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 大串 哲朗  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 上貝 康己  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 菊池 巧  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 宮 一普  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 本多 俊久  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 村上 省自  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

PAT-NO: JP411233696A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11233696 A

TITLE: POWER SEMICONDUCTOR MODULE AND BONDED BLOCK OF  
POWER SEMICONDUCTOR MODULE AND COOLER

PUBN-DATE: August 27, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
USUI, OSAMU	N/A
OI, TAKESHI	N/A
HORIGUCHI, GOJI	N/A
KIKUNAGA, TOSHIYUKI	N/A
TAKAHASHI, MITSUGI	N/A
MATSUDA, SADAMU	N/A
MUTO, HIROTAKA	N/A
OGUSHI, TETSURO	N/A
KAMIGAI, YASUMI	N/A
KIKUCHI, TAKUMI	N/A
MIYA, KAZUHIRO	N/A
HONDA, TOSHIHISA	N/A
MURAKAMI, SHOJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	N/A

APPL-NO: JP10034554

APPL-DATE: February 17, 1998

INT-CL (IPC): H01L023/36, H01L023/373

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide means for improving the long-term reliability of a member to be a thermal conduction passage in a power semiconductor module and the cooling performance of the semiconductor module.

SOLUTION: A material 20 having a m.p. lower than the max. working



temp. of  
an IGBT element 4 is provided between an insulation substrate 3 to be  
a thermal  
conduction passage in an IGBT module (power semiconductor module) 1  
and heat  
radiating metal base plate 2, and a double-layer coating layer is  
provided by  
coating an anticorrosive member 21a on the surfaces of the radiating  
metal base  
plate 2 and the insulation substrate 3 making contact with the low  
m.-p.  
material 20 and coating a high contact member 22 having a good  
contact to the  
low-m.p. material 20 thereon. As a result, a thermal stress-free  
capability  
is realized between the members, the long-time reliability is  
enhanced greatly,  
the cooling performance of the IGBT module 1 is enhanced, and  
moreover alloying  
of the low-m.p. material 20 is suppressed.

COPYRIGHT: (C)1999, JPO